

SKRIPSI
KARAKTERISTIK FILAMEN 3D *PRINTING* HASIL PULTRUSI
BOTOL BEKAS BERBAHAN
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)



Disusun Oleh :
MUHAMMAD FATHIR AL FAIZ
1502621041

PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Karakteristik Filamen 3D *Printing* Hasil Pultrusi Botol Bekas
Berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET)
Penyusun : Muhammad Fathir Al Faiz
Nomor Registrasi : 1502621041

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T.

NIP. 197812122006042002



Drs. Syaripuddin, M.Pd.

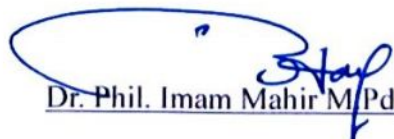
NIP. 196703211999031001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Jakarta



NIP. 198404182009121002

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul PKL : Karakteristik Filamen 3D *Printing* Hasil Pultrusi Botol Bekas
Berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET)
Nama Mahasiswa : Muhammad Fathir Al Faiz
NIM : 1502621041
Tanggal Ujian : 31 Juli 2025

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,



Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T.

NIP. 197812122006042002

Pembimbing II,

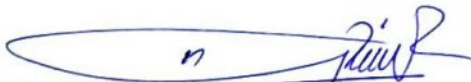


Drs. Syaripuddin, M.Pd.

NIP. 196703211999031001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,



Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T.

NIP. 197604222006041001

Sekretaris



Rani Anggrainy, S.Pd., M.T.

NIP. 199201102022032005

Penguji Ahli,

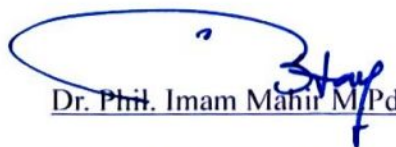


Ahmad Lubi, M.Pd., M.T.

NIP. 198501312023211000

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin



Dr. Phil. Imam Mahir M/Pd.

NIP. 198404182009121002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 31 Juli 2025

Yang membuat pernyataan



Muhammad Fathir Al Faiz

No Reg. 1502621041



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Muhammad Fathir Al Faiz
NIM : 1502621041
Fakultas/Prodi : Teknik/Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : fathiralfaz@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

“ Karakteristik Filamen 3D *Printing* Hasil Pultrusi Botol Bekas Berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET)”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 31 Juli 2025

Penulis,

(Muhammad Fathir Al Faiz)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena atas rahmat-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Karakteristik Filamen 3D Printing Pultrusi Botol Bekas Berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET)”**. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan yang dilakukan untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Proses pembuatan skripsi ini tidak akan mungkin dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis ingin menyampaikan penghargaan serta ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Imam Mahir, S.Pd., M.Pd. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
2. Ibu Dr. Siska Titik Dwiwati, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan berupa ilmu, dan waktunya sehingga penulis bisa mengerjakan penelitian ini.
3. Bapak Drs. Syaripuddin, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan berupa ilmu, motivasi, waktu, dan jasa, sehingga penulis dapat menyusun penelitian ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Dosen yang selalu membantu penulis dalam melakukan penelitian ini.
5. Teruntuk Mahasiswi dengan NIM 1219240154 yang telah memberikan support besar serta membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Untuk Keluarga saya tercinta, terima kasih atas segala dukungan moralnya terhadap penulis untuk terus bersemangat.

Penulis menyadari kemungkinan adanya kekurangan pada penelitian ini, oleh karena itu penulis mengharap masukan yang membangun agar lebih baik lagi dalam menyusun penelitian dikemudian hari.

Jakarta, 31 Juli 2025



Muhammad Fathir Al Faiz

**KARAKTERISTIK FILAMEN 3D *PRINTING* HASIL PULTRUSI
BOTOL BEKAS BERBAHAN
*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)***

Muhammad Fathir Al Faiz

Siska Titik Dwiwati, M.T. dan Drs. Syaripuddin, M.Pd.

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji karakteristik filamen 3D printing yang diproduksi dari botol bekas berbahan Polyethylene Terephthalate (PET) melalui metode pultrusi sebagai alternatif pemanfaatan limbah. Fokus penelitian ini adalah mengevaluasi sifat mekanik, termal, dan dimensi filamen dengan memvariasikan kecepatan tarik, temperatur pemanasan, dan lebar pemotongan selama proses pultrusi. Pengujian dilakukan menggunakan standar ASTM D638-14 untuk kekuatan tarik, pengukuran dimensi untuk menilai kelayakan cetak menggunakan printer 3D tipe Fused Deposition Modeling (FDM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa filamen memenuhi standar 3D printing, dengan diameter yang konsisten dalam toleransi $\pm 0,03$ mm, permukaan yang halus, kekuatan tarik dibawah 40 MPa, serta titik leleh antara 250–260°C. Filamen daur ulang PET hasil pultrusi dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan dan berkinerja tinggi dalam aplikasi manufaktur aditif, sekaligus mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

Kata Kunci: Pultrusi, Filamen 3D, *Polyethylene Terephthalate (PET)*, Daur Ulang, FDM, Limbah Plastik

***CHARACTERISTICS OF 3D PRINTING FILAMEN PRODUCED
FROM RECYCLED POLYETHYLENE TEREPHTHALATE PET
BOTTLES THROUGH PULTRUSI***

Muhammad Fathir Al Faiz

Siska Titik Dwiwati, M.T. and Drs. Syaripuddin, M.Pd.

ABSTRACT

This study examines the characteristics of 3D printing filament produced from used Polyethylene Terephthalate (PET) bottles through the pultrusion method as an alternative waste utilization. The focus of this study is to evaluate the mechanical, thermal, and dimensional properties of the filament by varying the pulling speed, heating temperature, and cutting width during the pultrusion process. Tests were conducted using the ASTM D638-14 standard for tensile strength, dimensional measurements to assess printability using a Fused Deposition Modeling (FDM) 3D printer. The results showed that the filament met 3D printing standards, with a consistent diameter within a tolerance of ± 0.03 mm, a smooth surface, a tensile strength below 40 MPa, and a melting point between 250–260°C. Pultruded recycled PET filament can be a sustainable and high-performance alternative in additive manufacturing applications, while reducing adverse environmental impacts.

Keywords: Pultrusion, 3D Filament, Polyethylene Terephthalate (PET), Recycling, FDM, Plastic Waste

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	8
1.3 Pembatasan Masalah	9
1.4 Perumusan Masalah	9
1.5 Tujuan Penelitian	9
1.6 Manfaat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Karakteristik Polethylene Terephthalate (PET).....	11
2.1.1 Proses Daur Ulang PET	12
2.2 3D <i>Printing</i> dan Filamen.....	13
2.2.1 3D <i>Printing Fused Deposition Modeling (FDM)</i>	13
2.2.2 Standar Kualitas Filamen	15
2.2.3 Filamen.....	16
2.3 Mesin Pultrusi Filamen	17
2.4 Teori Perhitungan.....	18

2.4.1 Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	19
2.4.2 Modulus Elastisitas	19
2.5 Penelitian Terkait	20
BAB III METODE DAN PELAKSANAAN	25
3.1 Metode Penelitian	25
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	26
3.3.1 Alat	26
3.3.2 Bahan	26
3.4 Diagram Alir Penelitian	27
3.5 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	28
3.5.1 Studi Pustaka	28
3.5.2 Persiapan Sampel dan Peralatan	28
3.5.3 Proses Pemerataan Botol PET	29
3.5.4 Pengaturan Parameter Pultrusi	30
3.5.5 Proses Pembuatan Filamen	31
3.5.6 Pengujian Kualitas Filamen	32
3.6 Teknik Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Hasil Sayatan Polyethylene Terephthalate (PET)	36
4.2 Hasil Karakteristik dari Pembentukan Filamen	37
4.2.1 Refrensi Parameter Yang Digunakan	37
4.2.2 Perhitungan Putaran Tarikan	38
4.2.3 Perhitungan Kecepatan Linear Filamen	39
4.3 Hasil dari Pengukuran Filamen	40
4.4 Hasil Pengujian pada Filamen Polyethylene Terephthalate (PET)	42

4.4.1 Uji Struktur Mikro <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET).....	43
4.4.2 Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>) <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET).....	46
4.5 Perbandingan Biaya Produksi Filamen dengan Harga <i>Polyethylene Terephthalate Glycol</i> (PETG) Industri.....	57
4.5.1 Biaya Produksi Filamen Pultrus <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	67



DAFTAR TABEL

Table 2.1 Parameter Acuan Filamen	17
Tabel 2.2 Penelitian Terkait.....	20
Tabel 3.1 Pengujian Karakteristik PET	28
Tabel 4. 1 Refrensi Terkait	38
Tabel 4. 2 Hasil Evaluasi Visual Terhadap Kualitas Permukaan Filamen yang Dihasilkan dari Proses Daur Ulang Botol PET	41
Tabel 4. 3 Hasil Uji Tarik	47
Tabel 4. 4 Hasil Uji Tarik Spesimen A.....	49
Tabel 4. 5 Hasil Uji Tarik Spesimen B.....	51
Tabel 4. 6 Hasil Uji Tarik Spesimen C.....	53
Tabel 4. 7 Hasil Uji Tarik Spesimen D	55
Tabel 4. 8 Rincian Penggunaan Listrik	58
Tabel 4. 9 Estimasi Biaya Produksi	58
Tabel 4. 10 Estimasi Perbandingan Harga	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Printer Fused Deposition Modeling (FDM).....	14
Gambar 2.2 Filamen.....	16
Gambar 2.3 PLA, ABS.....	17
Gambar 2.4 Pultrusion Linier.....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	23
Gambar 4. 1 Botol Strip.....	36
Gambar 4. 2 Botol Strip yang Tidak Rata.....	37
Gambar 4. 3 Hasil dari Pengukuran Filamen.....	40
Gambar 4.4 Ujung Awal Filamen Pada Spesimen 1.....	43
Gambar 4.5 Bagian Tengah Filamen Pada Spesimen 1.....	43
Gambar 4.6 Ujung Awal Filamen Pada Spesimen 2.....	44
Gambar 4.7 Bagian Tengah Filamen Pada Spesimen 2.....	44
Gambar 4.8 Ujung Awal Filamen Pada Spesimen 3.....	45
Gambar 4.9 Bagian Tengah Filamen Pada Spesimen 3.....	45
Gambar 4. 10 Dimensi Spesimen Uji Tarik.....	46
Gambar 4. 11 Tegangan Tarik Spesimen A, B, C, dan.....	48
Gambar 4. 12 Tegangan Maksimum Spesimen A, B, C, dan D.....	48
Gambar 4. 13 Modulus Elastisitas Spesimen A, B, C, dan D.....	49
Gambar 4. 14 Spesimen A1,A2, dan A3.....	49
Gambar 4. 15 Stress Vs Strain A1.....	50
Gambar 4. 16 Spesimen B1,B2, dan B3.....	51
Gambar 4. 17 Stress Vs Strain B2.....	52
Gambar 4. 18 Spesimen C1,C2, dan C3.....	53
Gambar 4. 19 Stress Vs Strain C2.....	54
Gambar 4. 20 Stress Vs Strain D1.....	56
Gambar 4. 21 Stress Vs Strain Spesimen A, B, C, dan D.....	57